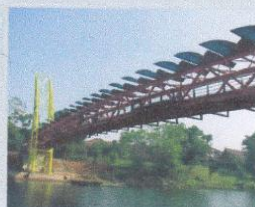


Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 2012
ISBN 978-979-98300-2-9

PROSIDING

Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2012

"The Challenge of Chemical Engineering Institutions
in Product Innovation for a Sustainable Future"



Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Depok, Jawa Barat, Indonesia
20-24 September 2012

Diterbitkan oleh:



Asosiasi Pendidikan Tinggi
Teknik Kimia Indonesia

Didukung oleh:



Disponsori oleh:



PERTAMINA
LUBRICANTS



WIKI



SUEK AG



Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia IV dan Musyawarah Nasional APTEKINDO 2012
The Challenge of Chemical Engineering Institutions in Product Innovation for a Sustainable Future
ISBN 978-979-98300-2-9

PJS Rektor Universitas Indonesia

Djoko Santoso



Yth. Para Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Yth. Para Pimpinan Departemen di Lingkungan FTUI dan UI

Yth. Ketua dan Delegasi Asosiasi Pendidikan Tinggi Teknik Kimia Indonesia

Yth. Ketua Federasi Industri Kimia Indonesia atau yang mewakili

Yth. Ketua Badan Kejuruan Persatuan Insinyur Indonesia atau yang mewakili

Yth. Para Plenary Speaker

Yth. Para Pemakalah

Yth. Rekan-rekan Dosen, Mahasiswa, dan Undangan lainnya

Saya merasa terhormat dapat memperoleh kesempatan untuk memberikan sambutan pada rangkaian acara Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia dan Musyawarah Nasional APTEKINDO 2012. Seperti yang kita ketahui bersama, pendidikan merupakan salah satu pilar pembangunan dan modal dasar dalam membangun peradaban bangsa. Salah satu bidang yang patut diperhatikan adalah pendidikan teknik kimia yang secara terstruktur diberikan di perguruan tinggi. Pendidikan tinggi teknik kimia telah berkembang secara pesat dan telah diimplementasikan secara luas di dunia industri. Ilmu teknik kimia perlu terus digali melalui berbagai penelitian, sehingga dapat diaplikasikan secara nyata dan komersial pada industri. Oleh sebab itu, menjadi harapan kita bersama bahwa rangkaian acara ini dapat memfasilitasi forum dunia ilmiah, industri, dan kelompok masyarakat lain untuk membahas persoalan-persoalan mendasar dan terkini dalam bidang pendidikan tinggi teknik kimia.

Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia merupakan forum ilmiah nasional periodik 3 tahunan di bidang teknologi proses. Kegiatan ini bertujuan untuk menjadi wadah mempertemukan akademisi, peneliti, ilmuwan, praktisi industri, dan mahasiswa guna mempertukarkan pikiran,

pengalaman, gagasan-gagasan baru, hasil-hasil penelitian, dan rancang bangun proses dalam bidang teknik kimia, serta untuk membahas persoalan-persoalan mendasar dan terkini dalam bidang pendidikan tinggi teknik kimia.

Dengan demikian, saya berharap rangkaian acara ini bisa menjadi usaha yang utama dalam mencapai relasi yang lebih kuat sebagai penghubung dunia ilmiah, industri, dan kelompok masyarakat lain dalam menciptakan forum komunikasi antar komunitas tersebut, serta membuka peluang kerja sama yang saling menguntungkan.

Saya ingin berterimakasih kepada APTEKINDO dan Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia untuk mengorganisir event yang sangat berharga ini, dan mendukung organisasi untuk berpartisipasi dan memberikan kontribusi nyata. Saya yakin kalian semua akan menemukan rangkaian acara ini inspiratif dan berguna. Dan dengan ini saya berharap kalian dapat memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya.

Depok, 20 September 2012
Prof. Dr. Ir. Djoko Santoso, M.Sc.
PJS Rektor Universitas Indonesia

Diterbitkan oleh:



Asosiasi Pendidikan Tinggi
Teknik Kimia Indonesia

Didukung oleh:





Ketua APTEKINDO

Widodo W. Purwanto



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmatNya sehingga agenda tiga tahunan yaitu **Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI) dan Musyawarah Nasional - Asosiasi Pendidikan Tinggi Teknik Kimia Indonesia (APTEKINDO) 2012** dapat dilaksanakan di Universitas Indonesia, Depok.

Atas nama pengurus APTEKINDO periode 2009-2012 kami menyampaikan Selamat Datang di acara SNTKI dan Munas 2012 kepada segenap pembicara utama, pemakalah, peserta seminar, mahasiswa, praktisi, undangan dan para delegasi yang mewakili seluruh Jurusan/Program Studi/Departemen Teknik Kimia di Indonesia.

Pada tahun ini APTEKINDO mengangkat tema Seminar *"The Challenge of Chemical Engineering Institutions in Product Innovation for a Sustainable Future"*. Tema ini dipilih selaras dengan "milineum ke-tiga" bidang teknik kimia yaitu Disain Produk Kimia dan keterkaitannya dengan Pembangunan Keberlanjutan serta permasalahan terkini industri kimia Indonesia.

Saya yakin bahwa SNTK dan Munas APTEKINDO 2012 merupakan salah satu forum komunikasi penting di tingkat nasional bagi para peneliti, penyelenggara pendidikan Teknik Kimia dan praktisi industri dalam rangka membahas perkembangan penelitian teknik kimia terkini, pendidikan Teknik Kimia dan industri kimia di Indonesia. Dengan adanya pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat membangun kerjasama yang kuat diantara pemangku kepentingan Teknik Kimia dan mendukung peningkatan kualitas pendidikan Teknik Kimia, penelitian dan akhirnya dapat meningkatkan perkembangan industri kimia nasional.

Pada rangkaian acara tahun ini juga dilaksanakan untuk pertama kali Chemical Engineering Award 2012 yaitu pemberian apresiasi kepada insan Teknik Kimia Indonesia yang berprestasi dan memiliki kontribusi penting di bidang teknik kimia dengan kategori dosen, mahasiswa, dan praktisi.

Munas APTEKINDO 2012 akan membahas capaian asosiasi selama tiga tahun yaitu rekomendasi Kurikulum Inti, peningkatan kemampuan pembelajaran dosen dan publikasi Jurnal Teknik Kimia Indonesia (JTKI), dan berbagai permasalahan aktual yang dihadapi dunia pendidikan Teknik Kimia di Indonesia serta pemilihan kepengurusan APTEKINDO periode 2012-2015.

Akhirnya, kami menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang tinggi kepada Sponsor, BKK-PII, FIKI, dosen dan mahasiswa serta manajemen di tingkat UI, FTUI dan Departemen Teknik Kimia yang telah berperan sebagai tuan rumah acara ini, anggota panitia pengarah, juri ChE. Award, editor JTKI, peserta Seminar dan Munas dan semua pihak yang membantu terselenggaranya acara ini.

Selamat melaksanakan Seminar dan Musyawarah Nasional, semoga sukses dan menghasilkan langkah penting dan nyata bagi kemajuan Pendidikan Teknik Kimia Indonesia.

Depok, 20 September 2012
Prof. Widodo W. Purwanto
Ketua APTEKINDO





Ketua Pelaksana

Sukirno



Sebagai upaya turut berperan aktif membangun landasan ilmu pengetahuan dan teknologi yang kokoh dan yang mencitrakan pengolahan sumber daya alam nasional, **Asosiasi Pendidikan Tinggi Teknik Kimia Indonesia (APTEKINDO)**, menyelenggarakan **Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI)** secara periodik setiap 3 tahun sekali sejak tahun 2003. SNTKI merupakan simbiosis dari Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo (ITB), Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses (Undip), Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia (ITS), Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia (UI), Seminar Teknik Kimia anggota APTEKINDO. Pelaksanaan SNTKI ini merupakan salah satu upaya untuk mendeseminasi karya-karya penelitian yang dihasilkan oleh perguruan tinggi, lembaga penelitian, dan unit-unit penelitian industri di tanah air. Seminar ini disamping sebagai wahana bagi peneliti untuk berkontribusi dalam mengembangkan dan memperkaya khazanah pengetahuan, juga dimaksudkan sebagai media yang dapat menjembatani kolaborasi lebih lanjut di antara peneliti, industriawan, pemerintah, dan pengguna lainnya.

Pada tahun ini, SNTKI 2012 diselenggarakan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok dan mengusung tema "*The Challenge of Chemical Engineering Institutions in Product Innovation for Sustainable Future*". Tema ini dipilih untuk memberikan wahana bagi peneliti untuk mengemukakan perkembangan terbaru hasil-hasil penelitiannya, terutama karya inovasi yang dapat diterapkan untuk kemajuan masyarakatnya secara berkesinambungan. Diharapkan karya inovasi tersebut dapat mengilhami peneliti lainnya dalam membangun laboratorium yang kuat dan berkesinambungan untuk menghasilkan karya yang makin berkualitas dan juga makin tinggi kadar teknologi

yang diciptakan sendiri, sehingga semakin mampu didalam mempolakan dan mengarahkan perkembangan sistem teknologi dan industri dalam negeri.

Dokumen ini menampung kumpulan makalah yang dipresentasikan dalam SNTKI 2012 yang berisi hasil penelitian, pengetahuan dan pengalaman dalam bidang-bidang: **rekayasa dan sistim proses kimia; rekayasa bioproses; reactor, kinetika dan katalisis; energi dan lingkungan; termodinamika dan peristiwa perpindahan; proses separasi; material dan nano teknologi; studi kasus industri dan pendidikan teknik kimia.** Dokumen ini memuat 178 makalah yang ditulis oleh lebih dari 300 penulis. Semua makalah yang dikirimkan ke SNTKI 2012 telah ditinjau oleh panitia.

Panitia berharap bahwa buku ini dapat memberikan sebuah *platform* dan barometer untuk mempromosikan keunggulan hasil-hasil penelitian kita dan menjadi sebuah lokomotif untuk mendorong pembentukan jejaring kerjasama penelitian yang dapat mengakselerasi kemajuan bangsa.

Panitia menyampaikan apresiasi yang tinggi kepada seluruh penyaji makalah lisan, makalah poster, peserta seminar, sponsor, dan pihak-pihak yang ikut membantu kelancaran kegiatan ini.

Depok, 20 September 2012
Dr. Sukirno
Ketua Panitia Pelaksana SNTKI 2012





Susunan Panitia

Panitia Pengarah

Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA. (Ketua APTEKINDO)
Ir. Nanang Untung (Ketua BKKPII)
Ir. Hidayat Nyakman, M.Sc. (Ketua FIKI)
Ketua Program Studi Teknik Kimia ITB
Ketua Jurusan Teknik Kimia ITS
Ketua Jurusan Teknik Kimia UGM
Ketua Jurusan Teknik Kimia UNDIP
Ketua Jurusan Teknik Kimia UNSRI
Ketua Departemen Teknik Kimia UI
Ketua Jurusan Teknik Kimia Univ. Riau
Ketua Jurusan Teknik Kimia Univ. Surabaya
Ketua Departemen Teknik Kimia USU
Ketua Jurusan Teknik Kimia UII
Ketua Jurusan Teknik Kimia UNS
Prof. Dr. Ir. Mochamad Nasikin, M.Eng.
Dr. Ir. Mahmud Sudibandriyo, M.Sc.
Kamarza Mulia, Ph.D.

Panitia Pelaksana

Ketua I
Dr. Ir. Sukirno, M.Eng.

Ketua II
Tara Vergita

Wakil Ketua I
Dr. Ir. Praswasti PDK Wulan, MT.

Wakil Ketua II
Felita

Bendahara I
Dr. Eny Kusriani, S.Si.

Bendahara II
Nafian Awalludin

Sekretaris I
Dr. Tania Surya Utami, ST., MT.

Sekretaris II
Eka Nurin Sharfina Irianto

Kepala Bidang SNTKI
Dr. Ir. Nelson Saksono, MT.

Wakil Kepala Bidang SNTKI I
Dr. Muhamad Sahlan

Panitia Pelaksana

Wakil Kepala Bidang SNTKI II
Tania Desela, ST.

Wakil Kepala Bidang SNTKI III
Muhammad Saefuddin

Kepala Bidang Munas APTEKINDO
Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng.

Kepala Bidang Munas APTEKINDO I
Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD.

Kepala Bidang Munas APTEKINDO II
Hasbi Priadi

Kepala Bidang *ChemEng Award*
Dr.rer.nat. Ir. Yuswan Muharam, MT.

Wakil Kepala Bidang *ChemEng Award* I
Dr. Ing. Donni Adinata, ST., M.Eng.Sc.

Wakil Kepala Bidang *ChemEng Award* II
Fransiska Milaniati Pratiwi

Kepala Bidang Sponsor/Pendanaan
Dr. Heri Hermansyah, ST., M.Eng.

Wakil Kepala Bidang Sponsor/Pendanaan I
Dr. Ing. Ir. Misri Gozan, M.Tech

Wakil Kepala Bidang Sponsor/Pendanaan II
Rizka Izdihar

Kepala Bidang IT dan Dokumentasi
Ir. Abdul Wahid, MT.

Wakil Kepala Bidang IT dan Dokumentasi I
Bambang Heru Susanto, ST., MT.

Wakil Kepala Bidang IT dan Dokumentasi II
Reza Tirsadi Librawan

Kepala Bidang Prosiding dan Poster
Dr. Ir. Setiadi, M.Eng.

Wakil Kepala Bidang Prosiding dan Poster I
Rahma Muthia, ST.

Wakil Kepala Bidang Prosiding dan Poster II
Muhammad Fakri Pirdaus





Daftar Isi

Rektor Universitas Indonesia	i
Ketua APTEKINDO	ii
Ketua Pelaksana	iii
Susunan Panitia	iv
Daftar Isi	v
Plenary Speaker	1
Energi dan Lingkungan (EL)	12
Material dan Nano Teknologi (MN)	158
Rekayasa Produk dan Sistem Proses Kimia (PP)	253
Proses Separasi (PS)	446
Rekayasa Bioproses (RB)	549
Reaktor, Kinetika dan Katalisis (RK)	723
Studi Kasus Industri (SI)	927
Pendidikan Teknik Kimia (TK)	966
Termodinamika dan Fenomena Perpindahan (TP)	990

Diterbitkan oleh:



Asosiasi Pendidikan Tinggi
Teknik Kimia Indonesia

Didukung oleh:



Sintesis Membran Zeolit NaA untuk Dehidrasi Campuran Alkohol-Air dengan Proses Hidrotermal

Darmansyah^{1,*}, Simparmin br. Ginting¹, Hens Saputra², Moch. Rosjidi²

¹Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

²Pusat Teknologi Industri Proses, BPPT, Jakarta, Indonesia

*E-mail: darmansyah82@gmail.com

ABSTRAK

Membran anorganik zeolit NaA diketahui mempunyai selektifitas yang tinggi pada pemisahan cair-cair atau gas-gas. Membran zeolit NaA dapat disintesis pada *support* α -alumina dengan proses hidrotermal. Komposisi mol larutan yang digunakan untuk membuat membran zeolit NaA adalah NaOH : Al(OH)₃ : SiO₂ : H₂O adalah 2 : 1 : 2 : 120. Hasil XRD menunjukkan bahwa membran yang dibuat adalah zeolit NaA. Hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM diketahui bahwa tebal lapisan membran zeolit NaA mencapai 5 μ m dan nanokomposit zeolit NaA yang terbentuk pada *support* α -alumina terjadi secara merata. Analisis kadar etanol dan metanol yang dihasilkan dalam produk < 0,01%, dan fluks permeat yang dihasilkan sebesar 0,3 – 0,5 kg/m².jam. Kondisi operasi terbaik dalam pembuatan membran zeolit NaA adalah pada temperatur kristalisasi 110°C selama 24 jam.

Kata kunci: membrane, proses hidrotermal, NaA zeolit, α -alumina,

Inorganic zeolite membrane NaA was known having high selectivity on liquid-liquid or gas-gas separation. Zeolite membrane NaA can be synthesized on α -alumina support with hydrothermal treatment. The solution of mole composition which used to make zeolite membrane NaA is NaOH:Al(OH)₃:SiO₂:H₂O, successively 2:1:2:120. XRD results showed that the membrane which made was zeolite NaA. Characterization result by using Scanning Electron Microscopy (SEM) was known that thickness of zeolite membranes NaA reaches 5 μ m and nanocomposite zeolite NaA which formed on α -alumina support occurred homogeneously. Analysis of ethanol and methanol which produced in the product <0.01%, and the flux permeate which produced is 0.3 to 0.5 kg/m².h. The best operating condition in manufacturing of zeolite membrane NaA is the crystallization temperature of 110°C for 24 hours.

Key words: hydrothermal; membranes; NaA zeolite; α -alumina

1. Pendahuluan

Saat ini, perkembangan membran zeolit untuk aplikasi pemisahan cair-cair atau gas-gas dan katalis masih terus dikembangkan secara intensif [1]-[2].

Hal ini dapat diketahui berdasarkan informasi mengenai banyaknya industri di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang dan Belanda, yang telah menerapkan prinsip pemisahan cair-cair dengan menggunakan teknologi membran zeolit dibandingkan dengan



proses pemisahan secara termal seperti distilasi. Teknologi membran zeolit memberikan peluang pasar yang sangat potensial karena unggul dalam penghematan energi dan penekanan biaya pemisahan pelarut organik dari larutannya [3]. Ini dilakukan karena membran zeolit memiliki sifat *molecular sieve* dan ukuran pori-pori yang seragam, tahan terhadap temperatur tinggi, memiliki kekuatan mekanik yang tinggi serta membran zeolit juga dapat diaplikasikan untuk keperluan berbagai macam proses industri penting lainnya [1]-[4].

Diantara berbagai jenis zeolit yang dapat diaplikasikan untuk keperluan proses industri, salah satunya yang potensial untuk dikembangkan sebagai membran *molecular sieve* adalah zeolit NaA, karena membran zeolit NaA memiliki sifat hidropilik yang baik dan memiliki kemampuan interaksi elektrostatis yang baik antara ion dan molekul air. Sehingga zeolit NaA ini sangat cocok untuk diaplikasikan pada proses dehidrasi alkohol [5]-[6].

Untuk aplikasi dalam proses pemisahan, membran harus bebas dari kerusakan secara fisik, misalnya retak atau terdapat pori-pori yang buntu. Membuat membran yang bebas dari kerusakan fisik merupakan suatu tantangan yang menarik dalam penelitian ini, walaupun sudah banyak metode lain yang telah dikembangkan untuk meningkatkan kualitas membran. Pembuatan membran zeolit ini meliputi tiga tahap utama: pertama adalah perubahan fase sol-gel pada substrat menjadi lapisan gel, kedua adalah proses nukleasi dan kristalisasi dan yang terakhir terjadi pembentukan lapisan membran [7].

Telah banyak penelitian yang melaporkan tentang bagaimana langkah-langkah proses untuk meningkatkan kualitas membran yang dibuat, seperti dengan menggunakan pemanasan dengan *microwave*, penambahan lapisan perantara untuk meningkatkan sifat adhesi antara lapisan gel dengan substrat pendukung, *vacuum seeding*, *brush seeding* dan sebagainya [8]-[11].

Sintesis membran zeolit NaA dengan menggunakan proses hidrotermal adalah metode terbaik saat ini yang ada, yang mana pori-pori pendukung (α -Alumina) direndam ke dalam larutan sintesis dan kemudian membran tersebut terbentuk oleh proses kristalisasi di reaktor secara langsung [12].

Oleh karena itu, teknologi membran zeolit memberikan peluang pasar yang cukup potensial, karena mudah dioperasikan, tidak membutuhkan lahan yang luas, biaya operasi yang kecil dan ramah terhadap lingkungan [13]-[14].

2. Metode Penelitian

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan membran zeolit dan uji kinerja membran zeolit dengan cara melewatkan campuran larutan organik-air pada membran. Pada percobaan ini dilakukan variasi terhadap temperatur kristalisasi dan temperatur pengeringan.

Sebelum digunakan untuk pemisahan campuran organik-air, membran zeolit yang dihasilkan akan dikarakterisasi terlebih dahulu dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur dan kristalinitas dari membran zeolit. Selain itu digunakan pula *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui ukuran pori dan ketebalan membran pada *support*. Setelah dikarakterisasi membran zeolit yang dihasilkan tersebut akan diuji kinerjanya dalam memisahkan campuran organik-air secara pervaporasi.

Pervaporasi ini menggunakan *vacuum pump* sehingga sisi yang diserap (*permeate*) yaitu air berupa gas sedangkan sisi yang ditolak (*retentate*) yaitu pelarut organik berupa cairan [15]-[17]. Banyaknya air dan pelarut organik yang terdapat di sisi *permeate* akan dianalisa dengan menggunakan *Gas Chromatograph* (GC) sehingga dapat diketahui besarnya faktor pemisahan campuran organik-air.



2.1. Pembuatan Membran Zeolit NaA

Pada penelitian ini membran zeolit NaA yang digunakan dibuat dengan metode hidrotermal, dengan prosedur sebagai berikut:

2.1.1. Prosedur pembuatan gel

Larutan alumina disiapkan dengan mencampur sodium hidroksida (NaOH) sebanyak 1,325 gram, aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) sebanyak 1,8 gram dan aquades sebanyak 7,5 gram, campuran tersebut diaduk dengan kecepatan pengadukkan 200 rpm selama 8 menit pada temperatur 100°C.

Larutan silika diperoleh dengan cara mencampur sodium silikat sebanyak 2,297 gram ($\rho=0,783 \text{ gram/cc}$) dengan air aquades sebanyak 17,5 gram, larutan tersebut diaduk selama 2 menit dengan kecepatan pengadukkan 200 rpm pada temperatur 50°C. Kemudian larutan alumina dan larutan silika yang telah dibuat keduanya dicampur dan diaduk secara cepat dengan kecepatan pengadukkan 600 rpm selama 3 menit hingga menghasilkan gel.

2.1.2. Prosedur pembuatan membran

Bersihkan *support* α -alumina dengan cara merendamnya dengan etanol 70 %, setelah itu dikeringkan di dalam oven dengan temperatur 100°C selama 1 jam. *Support* yang telah dikeringkan disimpan terlebih dahulu di dalam desikator untuk menurunkan temperatur setelah pengeringan dan menjaga agar pori *support* tidak terkontaminasi oleh uap air, debu atau kotoran lainnya. Letakkan *support* α -alumina ke dalam *teflon autoclave*, lalu tuangkan gel yang sudah dibuat ke dalam *teflon autoclave* hingga *support* membran tersebut terendam seluruhnya.

Autoclave yang telah berisi gel dan *support* tersebut dioperasikan pada variasi temperatur 90°C, 110°C, 130°C selama 24 jam. Membran zeolit yang terbentuk selanjutnya dicuci dengan *aquades* untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang dapat menyumbat pori-pori membran yang

telah dibuat. Setelah dibersihkan membran zeolit kemudian dikeringkan di dalam oven pada variasi temperatur 90°C, 150°C, 190°C. selama 3 jam.

2.1.2. Prosedur Pervaporasi

Percobaan pervaporasi dilakukan dalam modul membran *plate and frame* dengan volume 250 ml pada reservoir umpan dan dipasang seperti tampak pada gambar 1. Setelah alat terpasang dengan baik, kemudian dilakukan prosedur di bawah ini:

Modul membran zeolit NaA dengan bentuk *plate and frame* dipasang pada rangkaian alat pervaporasi. Bagian dalam membran di-*vaccum* dengan menggunakan *vaccum pump* dengan penurunan tekanan dipertahankan di bawah 0,65 kg/cm². Reservoir diisi dengan umpan campuran organik-air dengan pengaturan temperatur konstan 75°C untuk etanol-air, 50°C untuk metanol-air. Dari reservoir umpan di alirkan ke membran zeolit dengan menggunakan pompa cairan dengan laju alir 30 – 37 cm³/menit. Pada saat melalui membran zeolit, air akan terpisah dari cairan organik, air sebagai *permeate* (bagian yang terserap) dan cairan organik sebagai *retentate* (bagian yang tertahan oleh membran).



Gambar 1. Modul membran jenis *plate and frame*

Pada proses pervaporasi ini, bagian *permeate* merupakan fasa gas sedangkan untuk bagian *retentate* berupa fasa cair. fasa *permeate* yang



keluar dari membran lalu dilewatkan ke dalam *cold trap* untuk diukur jumlah fluksnya, dengan mengambil data perubahan waktu terhadap volume. Pengambilan data dilakukan hingga pertambahan waktu terhadap volume konstan. Fluks *permeate* (J) dapat dicari dengan mengalikan dV/dt dengan $1/A$, dimana A adalah luas permukaan efektif membran pada modul [13]-[14]. *Permeate* yang keluar dari membran kemudian dilewatkan pada *gas chromatography* (gc) untuk dilakukan analisis komposisi *permeate*, sehingga dapat diketahui besarnya faktor pemisahan berdasarkan komposisi air dan cairan organik di bagian *permeate*.

Perhitungan fluks *permeate* dapat dirumuskan sebagai berikut [13]:

$$J = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Persamaan untuk menghitung selektivitas (β) membran zeolit NaA adalah sebagai berikut [16]:

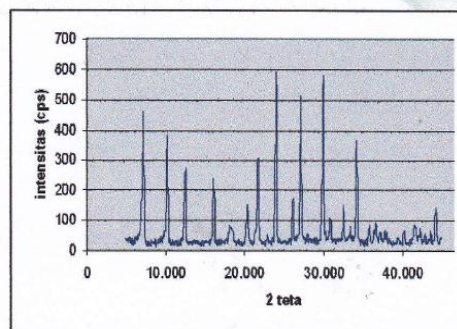
$$\beta = \frac{(V_w/V_o)}{(x_w/x_o)} \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

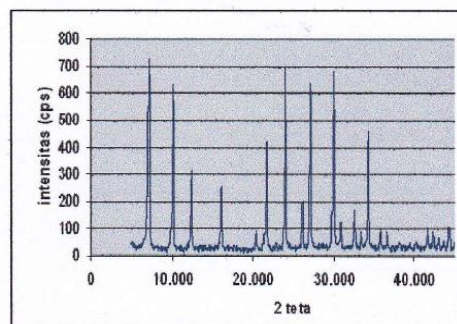
Pembentukan membran zeolit NaA pada *support* α -alumina dengan perbedaan temperatur sintesis telah diteliti dan membran yang disintesis tersebut telah dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan SEM.

3.1. Karakterisasi XRD

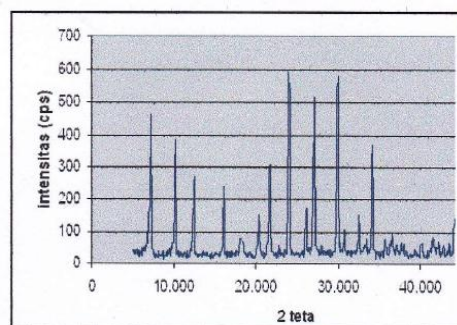
Hasil dari karakterisasi dengan menggunakan XRD dapat dilihat pada Gambar 2 (a-c), berikut:



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Hasil karakterisasi XRD zeolit NaA
 (a) temperatur sintesis 100°C;
 (b) temperatur sintesis 110°C;
 (c) temperatur sintesis 120°C



Dari Gambar 2 (a), (b) dan (c) ditemukan adanya kristal zeolit NaA dalam produk, karena dari ketiga sampel yang di uji XRD tersebut mempunyai posisi 2θ yang sama dengan posisi 2θ standar, meskipun harga intensitas relatifnya berbeda dengan intensitas zeolit NaA standar, pada pola difraksi zeolit NaA standar intensitas relatif yang paling tinggi (100%) terletak pada posisi $2\theta_8 = 30,010$ dan intensitas relatif yang terendah (63,74%) terletak pada posisi $2\theta_4 = 16,140$, untuk pola difraksi pada sampel (a) dapat dilihat bahwa intensitas relatif yang tertinggi (100%) terletak pada posisi $2\theta_1 = 7,223$ dan intensitas relatif terendah (35,26%) terletak pada posisi $2\theta_4 = 16,167$. Pada pola difraksi sampel (b) intensitas relatif tertinggi (100%) terletak pada $2\theta_6 = 24,028$ dan intensitas relatif terendah (33,66%) terletak pada posisi $2\theta_4 = 16,167$. Sedangkan untuk pola difraksi sampel (c) dapat dilihat bahwa intensitas relatif tertinggi (100%) terletak pada posisi $2\theta_8 = 30,045$ dan untuk intensitas relatif terendah (34,16%) terletak pada posisi $2\theta_4 = 16,221$.

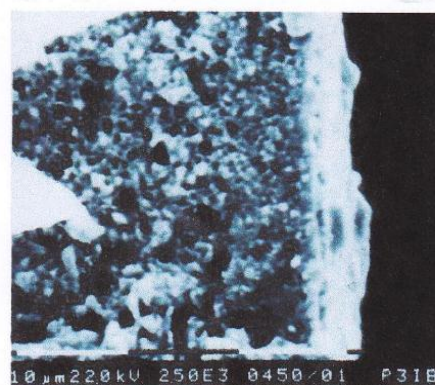
Dari kemiripan posisi 2θ tersebut, maka dapat dipastikan bahwa semua membran yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan, yaitu berupa zeolit NaA.

3.2. Karakterisasi SEM

Hasil dari karakterisasi dengan menggunakan SEM dapat dilihat dari Gambar 3, berikut:



(a)



(b)

Gambar 3. Hasil SEM Zeolit NaA (a) Penampang Atas dan (b) Penampang Melintang.

Kedua gambar struktur permukaan membran zeolit NaA tersebut telah mengalami perbesaran 2.500 x.

Dari Gambar 3 (a) dan (b) dapat diamati bahwa:

Struktur membran zeolit NaA yang dibuat mempunyai struktur asimetrik, hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 (b) (foto SEM yang diambil pada arah melintang). Pada gambar tersebut struktur bagian dalam membran terdapat perbedaan pepadatan ketebalan lapisan dimana pada bagian atas mempunyai konsentrasi lapisan yang lebih rapat bila dibandingkan dengan konsentrasi lapisan dibagian tengah dan bagian bawahnya. Ketebalan lapisan membran yang dihasilkan dengan cara *immersion* (pencelupan) ini didapat $\pm 5 \mu\text{m}$ (Gambar 3-b).

Ukuran pori primer membran zeolit NaA tidak dapat diamati langsung dengan menggunakan SEM pada Gambar 3 (a). Untuk melihat secara detail ukuran pori primer dapat dilihat dengan menggunakan instrumen lain, misalnya dengan menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) [18].



Dari Gambar 3 (b) dapat diketahui bahwa seluruh permukaan *support* telah terlapisi oleh membran zeolit NaA. Lapisan ini dapat dilihat dengan adanya perbedaan struktur dalam membran dimana pada bagian permukaan atas terdapat gumpalan berwarna putih yang tebal dan sangat rapat (tidak terlihat adanya celah kosong) ini menandakan bahwa *support* tersebut telah terlapisi oleh membran zeolit, sedangkan pada bagian tengah *support* terdapat sedikit membran yang masuk ke dalam *support*, sehingga menyebabkan celah-celah pori *support* tersebut terisi oleh membran, hal ini menguntungkan karena kondisi ini akan memperkecil ukuran pori-pori *support* sehingga mendekati ukuran pori membran zeolit tersebut.

Selain itu dapat diamati pula bahwa lapisan membran tersebut kurang merata, hal ini ditandai dengan adanya bukit dan lembah, dimana lembah tersebut ketebalannya $< 5\mu\text{m}$, pada Gambar 3 (a) juga tampak terbentuknya agregat, akibatnya akan terbentuk celah-celah pori sekunder yang diameternya lebih besar dari diameter pori primer membran zeolit NaA (diameter zeolit NaA $3 - 5 \text{ \AA}$), pori sekunder ini tidak diharapkan karena akan menurunkan selektifitas dari membran tersebut.

Faktor yang menyebabkan terbentuknya agregat dan tidak meratanya permukaan membran adalah pada tahap *immersion* (pencelupan) *support* α -Alumina di dalam gel, pertumbuhan kristal membran sangat bergantung pada konsentrasi larutan induk yang terdapat pada permukaan *support* membran. Distribusi konsentrasi larutan induk yang tidak sama (tidak homogen) pada permukaan *support* dapat menyebabkan terbentuknya lapisan membran yang tidak merata. Faktor yang lain adalah pengaturan kondisi operasi optimum di dalam *autoclave* baik temperatur maupun waktu reaksinya dapat berpengaruh pula pada lapisan membran zeolit NaA yang dihasilkan.

3.3. Uji Fluks Permeat (J)

Dari hasil perhitungan didapat bahwa fluks *permeate* yang dihasilkan sangat kecil yaitu sebesar $0,320 - 0,425 \text{ Kg/m}^2\cdot\text{jam}$, namun bila dilihat dari besarnya fluks *permeate* untuk masing-masing sampel terdapat sedikit perbedaan, hasil perhitungan *permeate* untuk masing-masing sampel selama 3 jam dapat dilihat dari Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Data dan Hasil Perhitung Fluks untuk Masing-masing Sampel

No. Sampel	Massa Permeat (gram/3 jam)	Fluks (α) (Kg/m ² .jam)
1	0,019	0,323
2	0,020	0,339
3	0,023	0,391
4	0,020	0,339
5	0,021	0,357
6	0,024	0,408
7	0,022	0,374
8	0,022	0,374
9	0,025	0,424

Dari data Tabel 1. dapat dilihat bahwa untuk sampel nomor 1, 2, dan 3 (temperatur pengeringan 90, 150, dan 190°C) mengalami peningkatan jumlah fluks. Untuk sampel 1 fluks yang didapat sebesar $0,323 \text{ Kg/m}^2\cdot\text{jam}$, fluks permeat pada sampel 2 sebesar $0,339 \text{ Kg/m}^2\cdot\text{jam}$, dan untuk sampel 3 didapat fluks permeat sebesar $0,391 \text{ Kg/m}^2\cdot\text{jam}$. Hal yang sama juga terjadi pada sampel nomor 4, 5, dan 6 (temperatur pengeringan 90, 150, dan 190°C) dan sampel 7, 8, dan 9 dengan urutan temperatur pengeringan yang sama. Dari fenomena tersebut dapat diamati bahwa semakin tinggi temperatur pengeringan, maka semakin besar pula ukuran pori tersebut. Hal ini terjadi karena pada temperatur pengeringan yang tinggi, air yang terdapat pada pori-pori membran hilang secara mendadak, dan pori-pori membran tersebut terdesak oleh air yang menguap, akibatnya terjadi

pembesaran pori membran sampai mendekati ukuran maksimum pori zeolit NaA, yaitu 5 Å.

3.4. Selektivitas Membran Zeolit NaA (α)

Perhitungan selektivitas membran zeolit NaA hanya dilakukan pada sampel membran zeolit nomor 5 yaitu membran yang dibuat pada temperatur kristalisasi 110°C dan temperatur pengeringan 150°C, sampel nomor 5 ini dianggap sudah mewakili hasil sampel yang lain, karena dari analisa sebelumnya (XRD, SEM, dan Permeasi gas) sampel nomor 5 ini menunjukkan hasil yang lebih baik dari sampel yang lain. Setelah dilakukan analisa dengan menggunakan kromatografi gas didapat hasil komposisi etanol dan metanol di dalam *permeate* sebesar < 1 %, sehingga selektivitas membran zeolit NaA yang dihasilkan adalah sebesar > 1.551. Dari nilai selektivitas yang didapat tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa membran yang dihasilkan tersebut kinerjanya cukup baik.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu: Dari analisa dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) diketahui bahwa membran yang disintesis adalah membran zeolit NaA. Dari analisa dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat diketahui bahwa tebal film zeolit NaA mencapai 5 µm dan ada partikel zeolit NaA yang masuk ke dalam pori *support*, yang memungkinkan terjadi interaksi nanokomposit antara *support* dan zeolit NaA. Fluks Permeat yang dihasilkan sebesar 0,320 – 0,425 Kg/m².jam. Dari uji kromatografi gas diketahui bahwa kadar etanol dan metanol dalam *permeate* adalah < 1%, dan selektivitas membran zeolit NaA yang dihasilkan > 1.551.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktur Lembaga Penelitian dan Pengabdian

Masyarakat Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Simbol

A	luas efektif membran (m ²)
J	<i>flux permeate</i> ($\frac{kg}{m^2} \cdot jam$)
Q	laju alir <i>permeate</i> (kg/jam)
X_0	komposisi alkohol dalam larutan umpan
X_w	komposisi air dalam larutan umpan
Y_0	komposisi alkohol dalam larutan produk
Y_w	komposisi air dalam larutan produk

Simbol Yunani

α	jenis alumina pendukung
β	persentase selektivitas produk
θ	skala 2 teta puncak difraksi XRD

Daftar Pustaka

- [1] Jansen, JC. et al., 1998, *Zeolitic Coatings and Their Potential Use in Catalysis*, Microporous Mesoporous Mater., No.21, hal.213–226.
- [2] Das Nandini et al., 2010, The effect of intermediate layer on synthesis and gas permeation properties of NaA zeolite membrane, *J. Coat. Technol. Res.*, Vol.7, No.3, hal. 383-390.
- [3] K. Hidetoshi et al, 1995, Synthesis of a Zeolite NaA Membrane for Pervaporation of Water/Organic Liquid Mixtures, *J. of Material Science Letter*. No.14, hal. 206-208.
- [4] Bein, T., 1996, *Synthesis and Application of Molecular Sieve Layer and Membranes*, Chem. Mater., No. 8, hal. 1636–1656.
- [5] Okamoto, K, Kita, H, Horii, K, Tanaka, K, Kondo, M, 2001, *Zeolite NaA Membrane Preparation, Single Gas Permeation and Pervaporation and Vapor Permeation of*



- Water/ Organic Liquid Mixtures, Ind. Eng. Chem. Res., No.40, hal. 163–175
- [6] Zaha, J, Krieg, HM, Breytenbach, JC, 2006, *Pervaporation and Related Properties of Time-Dependent Growth Layers of Zeolite NaA on Structured Ceramic Supports*, J. Membr. Sci., No. 284, hal. 276–290.
- [7] Xu, X, Yang, W, Liu, J, Lin, L, 2000, *Synthesis of a High Performance NaA Zeolite Membrane by Microwave Heating*, Adv. Mater., Vol.12, No. 3, hal. 195–198.
- [8] Yang, G, Zhang, X, Liu, S, Yeung, KL, Wang, J, 2007, *A Novel Method for the Assembly of Nano-Zeolite Crystals on Porous Stainless Steel Microchannel and then Zeolite Film Growth*, J. Phys. Chem. Solids, No. 68, hal. 26–31.
- [9] Huang, A, Lin, YS, Yang, W, 2004, *Synthesis and Properties of A-Type Zeolite Membranes by Secondary Growth Method with Vacuum Seeding*, J. Membr. Sci., No.245, hal.41–51.
- [10] Boudreau, LC, Tsapatsis, T, 1997, *A Highly Oriented Thin Film Zeolite A*, Chem. Mater., hal.1705–1707.
- [11] Titus, MP, Mallada, R, Llorens, J, Cunill, F, Santamaria, J, 2004, *Preparation of Inner-Side Tubular Zeolite NaA Membranes in a Semi-Continuous Synthesis System*, J. Membr. Sci., No.245, hal. 1–33.
- [12] Tsapatsis, M, Lovallo, MC, Kubo, TO, Davis, ME, Sadakata, M, 1995, *Characterization of Zeolite L, Nanoclusters*, Chem. Mater., No.7 , hal.1734–1736.
- [13] Mulder M., 1996, *Basic Principles of Membrane Technology 2nd edition*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
- [14] Wenten, I. G., 1999, *Teknologi Membran Industrial*, Teknik Kimia ITB, Bandung.
- [15] Kondo, M., Kamori, M., Kita, H., 1997, *Tubular-Type Pervaporation Module with Zeolite NaA Membrane*, J. Membrane Sci., No. 133, hal. 133-141.
- [16] S. Widodo, 2004, *Pengembangan Teknologi Pervaporasi untuk Produksi Etanol Absolut*, Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [17] A. Sharma, 2004, *Pervaporation from a Dense Membrane: Roles of Permanent-Membrane Interactions, Kelvin Effect, and Membrane Swelling*, Langmuir, Vol.20, No.11, hal. 4708-4714.
- [18] Dae-Soo Yang, et al., 2010, *Radiolytic Synthesis of Pt-Ru Catalysts Based on Functional Polymer-Grafted MWNT and Their Catalytic Efficiency for CO and MeOH*, Journal of Material, Volume 2011.